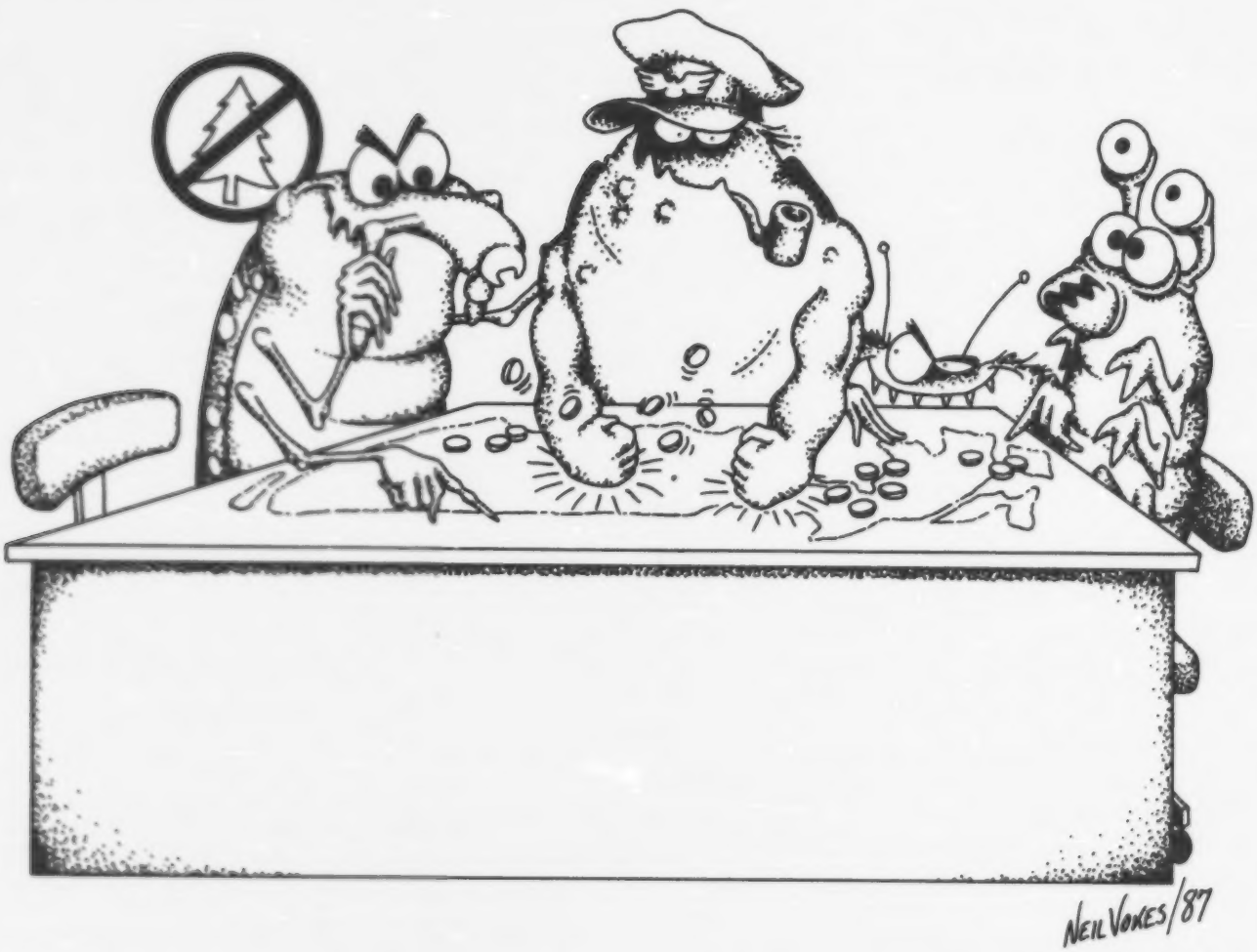
Gouvernement du Canada
Service canadien des forêts

Government of Canada
Canadian Forestry Service

Qualités requises et sélection d'un système d'information géographique national pour le Relevé des insectes et des maladies des arbres

J.M. Power et D.H. Williams

Rapport d'information PI-X-75F
Institut forestier national de Petawawa



88-02372/

INSTITUT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA

Le mandat de l'Institut forestier national de Petawawa, comme celui des autres établissements du Service canadien des forêts, est de promouvoir une meilleure gestion et une utilisation plus rationnelle des ressources forestières du Canada, pour le bien économique et social de tous les Canadiens. Les objectifs des activités des programmes menés à l'institut appuient ce mandat à travers la découverte, le développement, la démonstration, l'application et le transfert des innovations. En tant qu'institut national, il doit s'attacher à des problèmes qui débordent le cadre régional ou qui nécessistent des compétences particulières de même qu'un équipement non disponible aux installations régionales du Service canadien des forêts. La plupart du temps, ses recherches sont effectuées en étroite collaboration avec le personnel des centres régionaux ou des services forestiers des provinces. Les projets de recherche et les services techniques de l'institut sont regroupés sous six principales activités:

GÉNÉTIQUE FORESTIÈRE ET BIOTECHNOLOGIE - Ce programme encadre des projets sur la génétique forestière, la microbiologie, la micropropagation, la génétique moléculaire et la recherche sur les semences. Il comprend également les services à la clientèle et la banque de semences du Centre national de semences forestières. Ce centre existe depuis longtemps et est lié à plusieurs organismes internationaux.

SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENT FORESTIER - Ce programme intègre en recherche et développement, des projets sur les incendies de forêt, la télédétection, la météorologie, la modélisation, la croissance et la récolte, et le RIMA. Il permet ainsi l'élaboration et la démonstration de systèmes d'aménagement forestier.

STATISTIQUES NATIONALES SUR LA RESSOURCE FORESTIÈRE - Communément appelé FORSTATS, ce programme assure la coordination de l'acquisition, de la normalisation et de la publication de statistiques nationales sur les forêts du Canada. Il est aussi chargé de répondre aux demandes de renseignements de la clientèle.

SYSTÈMES DE DONNÉES FORESTIÈRES - Ce programme fournit la compétence et les systèmes informatisés nécessaires à la gestion des données acquises dans le cadre de FORSTATS et des projets de recherche à l'IFNP. Il comprend en outre un service de consultation en informatique pour les hauts fonctionnaires du SCF.

COMMUNICATIONS - Ce programme regroupe les activités de la bibliothèque et des projets touchant la sensibilisation du public, l'information, la rédaction-révision et les publications. L'institut reçoit plus de 20 000 visiteurs chaque année. Le Centre d'accueil, des visites autoguidées et un programme éducatif complet sont ouverts à tous. C'est à l'IFNP que l'on trouve l'entrepôt national de toutes les publications scientifiques du SCF.

LA FORÊT EXPÉRIMENTALE - Outre des peuplements naturels où l'on applique divers traitements dans le cadre de projets de recherche en sylviculture, la Forêt de Petawawa, mesurant 98 km^2, comprend de vastes superficies de plantations âgées de plus de 60 ans. Ces plantations expérimentales permettent d'obtenir des données sur la croissance et la récolte à la suite d'expériences de culture. Elles fournissent du matériel génétique dont le lignage est répertorié, et se révèlent de plus en plus utiles pour les études sur la micropropagation et la génétique moléculaire. La forêt permet également de mettre à l'essai des stratégies d'aménagement forestier à court et à long terme.

QUALITÉS REQUISES ET SÉLECTION D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE NATIONAL POUR LE RELEVÉ DES INSECTES ET DES MALADIES DES ARBRES

Rapport d'information PI-X-75F

J.M. Power* et D.H. Williams**

*Chef du Projet de développement technologique du RIMA, IFNP
**D.H. Williams and Associates, Vancouver, C.-B.

Institut forestier national de Petawawa
1988

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1988
N° de catalogue Fo46-11/75-1987F
ISSN 0228-0736
ISBN 0-662-94740-1

Il est possible d'obtenir sans frais des exemplaires de cette publication auprès du:

Centre d'information technique et de distribution
Institut forestier national de Petawawa
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0
N° de téléphone: 613-589-2880

Des copies ou microfiches de cette publication sont en vente chez:

Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

This publication is also available in English under the title
A national Geographic Information System for the Forest Insect and Disease Survey — requirements and selection

Table des matières

vi	Remerciements
vii	Résumé/Abstract
1	Introduction
1	Détermination des qualités requises
2	Activités du RIMA
2	Rapport et relevé annuel des insectes et des maladies des arbres
2	Nouvelles initiatives en matière de recherche et d'établissement de rapports
3	Fonctions d'un SIG
4	Exigences techniques
4	Entrée/mise à jour des données
5	Gestion de la base de données
5	Manipulation des cartes
6	Production de cartes
6	Étude des systèmes
7	Sélection d'un système
8	Conclusion
8	Bibliographie
9	Annexe 1. Spécifications du système

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier L. O'Brien, du Projet de développement technologique du RIMA, des efforts qu'il a consacrés à l'étude et à la sélection d'un système et les directeurs du RIMA du Centre de foresterie du Pacifique, du Centre de foresterie des Grands Lacs et du Service canadien des forêts-Maritimes de leur collaboration lors de nos visites sur le terrain. Nous voulons également exprimer notre gratitude à L. Magasi, D. Lachance, A. Van Sickle et T. Moore qui ont révisé ce manuscrit.

RÉSUMÉ

Le Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) peut utiliser des systèmes d'information géographique pour automatiser au niveau national la production des cartes d'infestation et analyser les paramètres spatiaux de l'interaction des insectes et des maladies avec les forêts. À la suite de la détermination des besoins pour le traitement des données spatiales, des systèmes d'information géographique utilisables avec des micro-ordinateurs ont été choisis pour les équipes régionales du RIMA.

ABSTRACT

Geographic Information Systems can be used by the national Forest Insect and Disease Survey (FIDS) to automate infestation map production and to analyze the spatial qualities of insect and disease interaction with the forest. The identification of requirements for spatial data handling resulted in the selection of microcomputer-based Geographic Information Systems for distribution to FIDS regional units.

QUALITÉS REQUISES ET SÉLECTION D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE NATIONAL POUR LE RELEVÉ DES INSECTES ET DES MALADIES DES ARBRES

INTRODUCTION

Le Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) est le programme du Service canadien des forêts (SCF) chargé de rassembler, de traiter et de disséminer l'information sur les insectes et les maladies des arbres au Canada. Il fournit des données essentielles à la protection et à l'aménagement des forêts du Canada ainsi que des données permettant de prendre des décisions d'ordre phytosanitaire (quarantaine). Chaque année, le RIMA prépare des prévisions d'infestation précisant l'espèce de ravageur, le lieu d'infestation, la superficie de forêt infestée et la gravité des dégâts. Ces données permettent d'exercer une surveillance continue des ravageurs, d'appuyer la recherche et d'élaborer des relevés plus détaillés d'un intérêt particulier ou opérationnel. Le RIMA se fait un point d'honneur de fournir en temps opportun des données précises sur les ravageurs de nos forêts.

Une grande partie des données recueillies par le personnel du RIMA est maintenant incorporée à un système d'information appelé FIDSINFOBASE. Le système a été créé à l'intention du RIMA à l'aide du système de gestion de bases de données relationnelles INGRES; installé sur un ordinateur VAX 11/750 réservé à cette fin, il est accessible partout au pays (Power, 1986). Le système contient des données sur les relevés au sol des insectes et des maladies et sur les analyses des spécimens recueillis par le RIMA et ses prédécesseurs au cours des quatre dernières décennies, des données spatiales sur les placettes du Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides et des listes d'insectes et de maladies.

Les coordonnées géographiques de la forêt et des ravageurs dont elle est victime sont une autre catégorie de données qui pourrait être traitée par ordinateur à l'échelle nationale. Ces données sont, plus précisément, les suivantes: coordonnées géographiques des placettes et des invasions; secteurs d'infestation; et superficies ou grilles cartographiques délimitant les peuplements forestiers, ou résumés des données d'inventaire, et des données descriptives ou caractéristiques connexes.

À l'heure actuelle, les techniques utilisées par le personnel du RIMA pour la collecte, le stockage, la manipulation et l'extraction des données sont manuelles. L'automatisation de ces différentes étapes pourrait permettre d'améliorer l'efficacité de ces activités et la qualité, la quantité et la disponibilité de ces données. Les données pourraient être analysées sous de nouvelles formes. Les systèmes d'information géographique (SIG) ont déjà permis de faire progresser considérablement les méthodes d'inventaire des forêts. En déterminant les qualités requises d'un système d'envergure nationale, le RIMA peut commencer à tester et à mettre en oeuvre ces systèmes de façon uniforme et partout au pays, au rythme qui lui convient.

Le présent rapport examine les possibilités d'application d'un SIG au RIMA et la méthode que nous avons adoptée pour déterminer ses qualités requises et son mode de sélection. Le rapport s'adresse aux spécialistes de l'aménagement des ressources s'intéressant aux applications de la cartographie et au processus de sélection de systèmes d'information géographique sur micro-ordinateur utilisé par le RIMA. Nous avons d'ailleurs reçu de nombreuses demandes d'information en ce sens.

DÉTERMINATION DES QUALITÉS REQUISES

Les auteurs ont rencontré les trois plus importantes unités du RIMA du pays afin d'obtenir des données sur leurs méthodes actuelles de fonctionnement qui pourraient tirer profit de la technologie d'un SIG, et de les analyser. D'autres tâches dont ce service ne s'acquitte pas à l'heure actuelle et que l'introduction d'un SIG pourrait permettre d'exécuter ont aussi été notées. L'opinion de la direction et du personnel du RIMA a également été sollicitée afin d'identifier les qualités requises de tels outils. Les auteurs ont ensuite fait le lien entre les besoins actuels et futurs de traitement de l'information du RIMA et les fonctions offertes par un SIG. Ils ont établi les caractéristiques générales d'un système et la façon dont elles pourraient être mises en application.

L'utilisation faite actuellement par le SCF des SIG a été l'un des principaux facteurs pris en compte lors de l'élaboration d'un plan de mise en oeuvre de cette nouvelle technologie par le RIMA. Lors de

l'étude, les auteurs ont identifié les systèmes qui étaient rentables, avaient des frais généraux d'exploitation réduits et pouvaient être gérés par les unités du RIMA à titre de systèmes de remplacement ou de complément aux systèmes d'information géographique déjà en place. On voulait ainsi assurer la réussite de la phase de mise en oeuvre, à un coût raisonnable. En conséquence, les auteurs ont évalué sur place, ou en consultant la documentation pertinente, un certain nombre de systèmes sur micro-ordinateur pour déterminer si le RIMA pouvait s'accommoder, pour débuter, de systèmes micro-informatiques, tout en échappant aux coûts élevés et à la complexité habituellement inhérents aux systèmes gérés par mini-ordinateurs.

ACTIVITÉS DU RIMA

Un examen des activités actuelles et éventuelles du RIMA qui sont connexes au traitement des données spatiales nous permet de classer les besoins de cet organisme à cet égard. Les activités sont de deux ordres:

a) Rapport et relevé annuel des insectes et des maladies des arbres

Les unités du RIMA des établissements régionaux du SCF effectuent continuellement des relevés généraux destinés à détecter, à surveiller et à évaluer la fréquence d'apparition des ravageurs forestiers et les dangers qu'ils présentent. L'envergure, le degré de précision et la période de ces relevés diffèrent d'une région à l'autre, mais les méthodes et les techniques utilisées sont similaires partout au pays.

Des relevés aériens sont effectués pendant les mois d'été pour dresser des croquis cartographiques des secteurs d'infestation, habituellement à une échelle de 1:100 000. À la fin de la saison sur le terrain, les forestiers du RIMA retournent aux laboratoires régionaux avec leurs croquis cartographiques. Leur tâche consiste alors à:

- transposer les secteurs d'infestation notés sur les croquis cartographiques sur une carte de base permanente;
- faire la comparaison entre les foyers d'infestation de l'année et ceux notés les années précédentes;
- mesurer les secteurs d'infestation et mettre les données sous forme de tableaux.

Ces renseignements détaillés sont transmis aussi rapidement que possible aux divers organismes provinciaux et à l'industrie. Ces cartes d'infestation sont transposées sur une carte à petite échelle d'un format normalisé qui est publiée dans les rapports annuels. Dans l'avenir, le RIMA se verra probablement demander de produire plus rapidement et avec une plus grande précision des cartes à différentes échelles, mais la présentation fondamentale ne devrait pas changer énormément.

b) Nouvelles initiatives en matière de recherche et d'établissement de rapports

Le RIMA, parce qu'il ne disposait pas des outils offerts par les SIG, n'a pas été en mesure de mettre en oeuvre plusieurs applications exigeant un traitement informatique. Le personnel du RIMA ne pourra entrevoir les avantages des nombreuses applications des SIG que lorsqu'il aura compris les possibilités qu'ils offrent. Les employés du RIMA du Centre de foresterie du Pacifique font exception puisqu'ils utilisent depuis quelque temps un SIG et qu'ils ont pu se rendre compte de ses possibilités. La section du présent rapport intitulée «Sélection d'un système» examine le sujet de façon plus détaillée. De nouvelles initiatives en matière de recherche et d'établissement de rapports laisseront apparaître d'autres applications des SIG, notamment la création et la manipulation d'une base de données historiques et l'intégration des données des relevés à d'autres ensembles de données. Voici maintenant une liste des applications proposées:

1. Amélioration du plan du relevé
   Une base de données spatiales qui enregistre l'emplacement et la nature des infestations et les conditions climatiques et physiographiques associées est un outil utile pour concevoir les relevés annuels parce qu'elle permet d'examiner l'état des populations de ravageurs des années précédentes.

2. Amélioration des prévisions des dangers des infestations
   L'histoire d'une infestation, plus particulièrement le nombre d'années successives de défoliation, peut aider à prévoir le taux de mortalité et les pertes de croissance probables. Pour déterminer la fréquence de récoltes, il faut tenir compte des probabilités d'infestation, de même que des données sur la mortalité et les pertes de croissance.

3. Facilitation des décisions de mise en quarantaine

Le système FIDSINFOBASE sert notamment à faciliter les décisions forestières de mise en quarantaine. L'intégration de données plus détaillées permettrait de disposer de meilleures informations pour renforcer la protection contre les ravageurs au Canada et à l'étranger, tout en continuant d'offrir une base de référence pour la délivrance des certificats phytosanitaires exigés pour l'exportation de produits forestiers. Une base de données cartographiques sur les infestations pourrait être fusionnée à FIDSINFOBASE grâce aux coordonnées UTM enregistrées. Cette base de données intégrées pourrait servir à délimiter un secteur d'infestation et à extraire des fichiers sur des spécimens qui lui sont associés pour faciliter les décisions de mise en quarantaine, les analyses des ravageurs ou la gestion de la collecte de données. La base de données faciliterait l'analyse des données recueillies lors des relevés des ravageurs, améliorant par le fait même les systèmes de prévision des dangers des infestations. FIDSINFOBASE pourrait servir à établir la fréquence d'apparition et l'intensité (gravité) d'infestations dans des secteurs géographiques donnés. L'établissement d'isogrammes pourrait permettre de classer les dangers d'infestation dans ces régions.

4. Analyse des relations entre les facteurs biophysiques et les infestations

Une application similaire de FIDSINFOBASE et des données cartographiques d'infestation pourrait aider à identifier ou à clarifier les relations existant entre la fréquence d'apparition et la gravité des infestations et des facteurs biophysiques comme la température, les précipitations et des facteurs de terrains.

5. Intégration des données du RIMA aux données d'inventaire des forêts

L'intégration de la base de données spatiales du RIMA à des données d'inventaire des peuplements pourrait permettre d'identifier les peuplements menacés d'infestation. L'intégration de données sommaires d'inventaire, comme les données de l'inventaire des forêts du système de données sur les ressources forestières du Canada, pourrait permettre de délimiter de vastes régions de forêts infestées. On pourrait également déterminer les pertes de croissance et de volume et le taux de mortalité attribuables aux infestations. L'adjonction de données climatologiques, physiographiques et écologiques pourrait rendre la prévision des infestations plus précise.

6. Cartographie et analyse des données de télédétection

L'amélioration de la résolution des systèmes opérationnels de télédétection et une meilleure connaissance des traces laissées par les ravageurs éventuels devraient entraîner un recours accru aux techniques de télédétection lors des relevés des ravageurs. Un SIG pourrait permettre de cartographier et d'analyser ces données.

7. Analyse des possibilités de lutte biologique et amélioration des prévisions

L'intégration de la base de données sur les infestations à une base de données sur les parasites (la région du Pacifique, par exemple, dispose déjà de 11 000 entrées à ce sujet) pourrait s'avérer un outil précieux de recherche et d'interprétation des parasites indigènes et introduits, des prédateurs et d'autres agents de lutte. La manipulation et l'analyse des fichiers existants s'en trouveraient grandement facilitées.

FONCTIONS D'UN SIG

Les systèmes d'information géographique se caractérisent par un ensemble de fonctions associées à l'entrée, à la manipulation et à la sortie des données. L'application de ces fonctions aux activités du RIMA est décrite ci-après et les diverses fonctions sont soulignées d'un trait.

Un SIG serait applicable au processus actuel de relevé et d'établissement des rapports. Les esquisses cartographiques seraient numérisées et affichées sur un écran, la carte de l'année précédente apparaissant en arrière-plan. On pourrait alors faire des recoupements entre les secteurs d'infestation des deux années et ainsi permettre aux forestiers du RIMA de vérifier les extensions et les reculs confirmés des périmètres d'infestation, au moment de transposer les données des croquis. Des corrections aux cartes déjà en banque pourraient être apportées grâce aux fonctions d'édition de cartes du SIG. Le nombre d'infestations discontinues et la superficie de chaque secteur infesté par classe de gravité pourraient être calculés automatiquement grâce aux fonctions de calculs cartographiques. Il serait possible de produire des cartes spéciales adaptées à divers besoins grâce aux fonctions de manipulation et de traçage des cartes,

permettant de dresser des cartes sur mesure. Les fonctions normalisées de traçage permettraient d'apporter automatiquement les changements d'échelle nécessaires pour produire la carte à éditer.

Le potentiel d'un SIG augmentera lorsque seront incluses les activités identifiées à la rubrique intitulée «Nouvelles initiatives en matière de recherche et d'établissement de rapports». Les applications d'un SIG comportent nécessairement le maintien à jour d'une base de données historiques, dont la seule exigence est que les fichiers cartographiques soient organisés et comportent les annotations requises. L'analyse de plusieurs couvertures (équivalents numériques de cartes) dans des bases de données exige l'utilisation de la composante superposition de la fonction de manipulation des cartes. Ainsi, les données d'inventaire forestier seraient superposées aux cartes d'infestation du RIMA, produisant un nouvel ensemble de secteurs infestés classés selon les types forestiers inventoriés. L'intégration d'autres ensembles de données, notamment sur les zones écologiques, les conditions climatiques et les caractéristiques physiographiques, permettrait de stratifier davantage les secteurs d'infestation. Les fonctions de calculs cartographiques et de traçage de cartes serviraient ensuite à obtenir de nouvelles cartes et des rapports, à partir de la base de données intégrées.

EXIGENCES TECHNIQUES

Entrée/mise à jour des données

1. Numérisation
   Le poste de travail se composerait d'une table de numérisation de 90 x 120 cm et/ou d'une table plus petite, si les cartes s'y prêtent, comme une table de 70 x 70 cm. Cette table ou un écran comporterait le menu de commandes. Les données numérisées et le texte descriptif des caractéristiques devraient être affichés sur un écran graphique où apparaît un arrière-plan extrait par l'utilisateur de la base de données graphiques. Il devrait être possible d'éditer la carte au stade de la numérisation.

2. Édition et vérification
   Une fois la numérisation terminée, il faudra vérifier l'exactitude topologique des polygones pour déterminer s'ils sont incomplets ou comportent des éléments graphiques en trop. Un SIG doit être capable d'ajouter les bords manquants des polygones incomplets et d'éliminer automatiquement les lignes qui débordent, habituellement produites lorsqu'on tente de compléter un polygone lors de la numérisation. Il doit être possible de procéder à une édition manuelle en cours de numérisation. Le système doit pouvoir éliminer automatiquement les points superflus afin de décrire le polygone à un degré de précision donné. Une fois épurées, les cartes numérisées sont stockées dans une base de données graphiques. Au cours de cette opération, le système devrait vérifier automatiquement que les données graphiques concordent, sur le plan topologique, avec celles des cartes adjacentes déjà en mémoire. Le raccord des polygones qui vont de la carte d'entrée à une carte adjacente doit être effectué selon une plage de tolérance donnée. Le système doit permettre de procéder à la main à l'édition et accepter les raccords qui ne concordent pas.

3. Capacité de traitement
   Près de 200 couvertures seront mises en mémoire chaque année dans tout le pays. La majeure partie du travail serait effectuée pendant la fin de l'été ou les mois d'automne. Chaque couverture peut comporter jusqu'à 500 polygones, mais la moyenne sera inférieure à 50.

4. Précision
   Les polygones d'infestation sont très schématisés, de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'avoir une grande précision de numérisation.

5. Attributs (annotations)
   Les attributs associés à chaque polygone d'infestation sont simples et courts. En général, l'information comprend l'agent d'infestation, l'hôte, ainsi que la gravité de l'infestation. Les attributs des cartes doivent inclure l'année et le code de référence de la carte.

6. Document source
   Le document source est habituellement une carte du Système national de référence cartographique à l'échelle de 1:100 000 ou à une échelle plus petite.

7. Personnel
   La numérisation serait effectuée par les forestiers, les techniciens et les étudiants du RIMA. Cette composante du système devrait être conviviale et accessible à l'utilisateur inexpérimenté, qui n'a pas de connaissances de l'informatique.

8. Arriéré
La quasi-totalité des cartes du RIMA montrant des infestations de ravageurs peuvent être considérées comme faisant partie de l'arriéré de travail, et devraient être introduites dans une base de données spatiales historiques. À titre d'exemple de la charge de travail, on peut noter l'arriéré de la région du Pacifique, où environ 150 cartes par année sont disponibles pour la période 1975-1985, et environ 50 par année pour la période antérieure.

9. Importation/exportation de données
Il est essentiel que le SIG puisse importer des données d'autres bases de données, à tout le moins des SIG actuels du SCF. Les bases de données de télédétection pourraient constituer une autre source d'information. De même, il serait souhaitable que les polygones d'infestation du RIMA puissent être transmis aux SIG du SCF ou à des systèmes provinciaux.

Gestion de la base de données

1. Données graphiques
La base de données graphiques devrait être suffisamment fiable du point de vue topologique que les fonctions de manipulation, d'édition, de traçage et d'importation/exportation des cartes puissent être exécutées efficacement. Les données graphiques devraient être stockées de telle façon que toutes les cartes d'entrée soient intégrées à une ou plusieurs couvertures. La topologie des lignes et des polygones dans la base de données est indépendante du fait que ces derniers ont été introduits dans la base sous forme de «cartes». En fait, les cartes doivent pouvoir être combinées de manière à ce que toute zone géographique couverte par la base de données puisse être analysée ou extraite en sortie.

2. Attributs
Les données doivent pouvoir être gérées selon les règles de conception des bases de données relationnelles. Cette caractéristique est particulièrement importante si l'on veut réaliser l'intégration avec d'autres bases de données relationnelles du RIMA, comme celles de FIDSINFOBASE, en vue d'extraire des données. Il faut s'attendre à ce que les exigences de stockage des attributs s'accroissent à mesure que les utilisateurs se familiariseront avec les possibilités du SIG.

Manipulation des cartes (traitement spatial)

1. Sélection de zones
Le système doit permettre la sélection interactive de fenêtres cartographiques. Il importe également de pouvoir choisir des polygones en fonction de leurs attributs. Par exemple, on pourrait demander l'affichage de tous les polygones d'infestation, selon l'espèce de ravageur, où la mortalité dépasse 40 %.

2. Analyse de corridors
La possibilité de produire des corridors correspondant à des éléments linéaires, et d'utiliser ces corridors pour la sélection des zones, est également nécessaire. Ainsi, on pourrait faire afficher les parties de tous les polygones d'infestation se trouvant en deçà de 90 mètres d'une route.

3. Cercles, quadrillages
Il faut que le système puisse produire un cercle ou un quadrillage d'une dimension donnée et exécuter une superposition des données spatiales.

4. Calculs cartographiques
Il est nécessaire de disposer d'une fonction de calcul des aires de polygones, avec détection automatique et retranchement des aires des polygones intérieurs. Le calcul de la distance linéaire entre des points déterminés doit aussi être possible.

5. Édition des données graphiques
Le système doit permettre l'édition interactive de la base de données graphiques, notamment l'élimination des limites communes entre polygones possédant les mêmes attributs, la reclassification des polygones, le remplacement ou la création de limites de polygones, ainsi que la fusion de polygones. Une autre caractéristique très utile est la capacité de supprimer des polygones qui se situent en deçà d'une tolérance déterminée, et d'en reclassifier et d'en fusionner d'autres, avant de produire des cartes à petite échelle. On évitera ainsi les encombrements lors de la production de cartes couvrant de vastes zones, par exemple des cartes provinciales ou nationales.

6. Superposition
Il doit être possible de superposer des polygones provenant de cartes ayant des thèmes différents. On a largement recours à la superposition pour

analyser des années successives de défoliation, pour extraire des données d'inventaire des forêts et pour relier les cartes des infestations à d'autres cartes comme celles des caractéristiques météorologiques ou physiographiques.

Production de cartes

1. Qualité
   Les exigences relatives à la qualité des cartes sont peu élevées, si on les compare avec les systèmes de production de cartes de haute qualité qui existent actuellement sur le marché. Le plus souvent, la précision n'est pas une question pertinente, compte tenu du degré d'exactitude des données d'entrée; certaines études spéciales, toutefois, peuvent exiger des fonctions plus étendues.

2. Normes de dessin
   Les symboles, les grosseurs de ligne, les jeux de caractères et d'autres caractéristiques cartographiques spéciales n'ont pas encore été précisés sous forme d'exigences.

3. Couleurs
   Les cartes devraient pouvoir être dressées dans un minimum de quatre couleurs, et l'on devrait disposer de plusieurs dessins pour différencier les polygones.

4. Annotations
   Il y a peu d'exigences en ce qui a trait aux annotations; toutefois, il doit être possible de placer, de manière interactive, une annotation dans un polygone et de changer sa position, sa taille et son orientation. On doit également disposer de souplesse pour l'inscription des titres, des légendes et des échelles.

5. Échelle
   Le système doit permettre la production d'une carte à l'échelle précisée, peu importe l'échelle du document d'entrée.

6. Taille
   Le système doit pouvoir produire des cartes de la même taille que celle des documents d'entrée (c'est-à-dire des cartes de la Série nationale de référence cartographique), ainsi que des cartes adaptées à la taille des publications, selon les besoins de l'utilisateur.

7. Capacité de traitement
   Chaque croquis cartographique d'entrée sera affiché ou tracé en vue du contrôle et de l'interprétation des erreurs. Le traçage de cartes de thèmes différents sur un arrière-plan standard permettra la création de produits multiples. Les exigences de capacité de traitement pour les «nouvelles initiatives» à entreprendre plus tard ne sont pas encore connues.

ÉTUDE DES SYSTÈMES

Il n'est pas nécessaire, pour répondre aux besoins des relevés et des rapports actuels du RIMA, de disposer de systèmes d'information géographique de grande envergure comme ceux qui sont d'usage courant dans les inventaires forestiers. Les activités qui s'ajouteront peut-être ultérieurement, identifiées comme de «nouvelles initiatives», exigeraient toutefois un SIG offrant des capacités complètes de traitement des données spatiales, comme la superposition.

Une démarche logique en vue de l'application de la technologie des SIG au RIMA consisterait à opter pour des systèmes simples, peu coûteux, exigeant un minimum de formation. L'utilisation de systèmes de ce genre aiderait à clarifier les nouvelles initiatives pouvant être réalisées, par la suite, sur de plus gros systèmes. Les systèmes recherchés devraient être autonomes, et pouvoir accepter des données par un processus de numérisation, conserver ces données dans une petite base de données, réaliser des calculs fondamentaux comme l'évaluation de superficies et de distances, et afficher ou tracer ces données graphiques en utilisant différentes échelles, grosseurs de lignes, couleurs et trames. Certains petits systèmes fonctionnant habituellement sur micro-ordinateur ont été étudiés par les auteurs, soit par des visites sur place, soit par l'analyse de documentation.

Grâce aux progrès récents de la technologie micro-informatique, on a pu constater que bon nombre des fonctions de grande capacité offertes par les mini ou les gros ordinateurs sont maintenant accessibles sur micro-ordinateur. Les écarts de coûts rendent très attrayante l'acquisition et la distribution de tels systèmes dans une organisation comme celle du RIMA. Une telle solution n'est possible que depuis 1985, et il s'est produit depuis de nombreux progrès, comme en témoigne la publication de plusieurs systèmes aux capacités étendues par les concepteurs de logiciels.

Un critère important de sélection des systèmes d'information géographique sur micro-ordinateur est leur capacité de s'intégrer aux SIG de grande capacité sur le plan des communications, du stockage et du traitement des données spatiales. Ainsi, le travail relatif au SIG serait réparti entre les micro-ordinateurs et un SIG central résidant sur mini-ordinateur qui se chargerait du stockage et du traitement plus complexe, comme la superposition. Le SCF exploite actuellement un SIG de grande capacité, le ARC/INFO de la société ESRI, sur un ordinateur VAX de Digital Equipment Corp. (DEC). Ce système pourrait vraisemblablement servir d'ordinateur central pour le système national du RIMA.

Le SCF dispose aussi d'un nouveau SIG à utilisateur unique, installé au RIMA du Centre de foresterie du Pacifique (CFP), acquis principalement à des fins de recherche. On s'en sert pour le chargement de cartes d'infestation, des travaux de superposition et la production de tracés cartographiques destinés à des présentations ou à l'inclusion dans des rapports. Ce système, appelé OVERLAY, a été produit par Northwest Digital Research Ltd. pour les mini-ordinateurs Hewlett-Packard, en collaboration et en consultation avec le RIMA du CFP. Ce système utilise une forme avancée de canevas, ou de représentation sous forme de cellules d'un quadrillage des régions d'infestation, et fait appel à des structures en «arbre quaternaire». Il est ainsi possible de représenter des groupes rectangulaires de cellules sous forme d'une seule cellule plus grande, ce qui rend plus efficace le stockage des données. Le système OVERLAY du CFP doit être considéré, à tout le moins, comme une source importante de nouvelles techniques dans l'analyse des SIG pouvant être implantés dans les groupes régionaux du RIMA.

SÉLECTION D'UN SYSTÈME

On s'est fondé, pour le choix d'un SIG exploitable sur micro-ordinateur, sur les SIG actuellement en usage et sur l'expérience déjà acquise au SCF, c'est-à-dire sur le système VAX ACR/INFO utilisé à l'IFNP et sur le système OVERLAY utilisé au CFP. Le système VAX conviendrait bien aux fonctions centrales de traitement et de stockage. La meilleure option serait un système de travail réparti en vue d'une efficacité optimale; certaines fonctions seraient exécutées sur le SIG fonctionnant sur mini-ordinateur central, et d'autres sur les SIG régionaux fonctionnant sur micro-ordinateur.

On a planifié l'acquisition de logiciels de SIG devant être utilisés à l'IFNP à des fins de développement des applications, et pour la réalisation d'essais pilotes au SCF-Maritimes et au Centre de foresterie du Nord. Selon les résultats de la première phase de mise en oeuvre, les autres régions recevront des systèmes. Le micro-ordinateur PC/AT, considéré comme un standard de l'industrie micro-informatique, a été choisi. Il est important de choisir un ordinateur peu coûteux, d'entretien facile et riche en logiciels, notamment dans le domaine des systèmes d'information géographique. Il importe également que l'ordinateur offre le maximum de chances d'accroissement de sa base de logiciels dans l'avenir, qu'on soit assuré d'un soutien continuel, qu'on puisse en accroître la capacité, et qu'il soit compatible avec les systèmes d'autres organismes de gestion des ressources.

Les spécifications établies pour le RIMA sont fondées sur le logiciel nécessaire à un SIG sur micro-ordinateur (voir l'annexe 1). Ces spécifications tiennent compte de l'exigence de fonctionnement sur un PC/AT et prennent en considération la disponibilité du système VAX ARC/INFO de l'IFNP et de l'investissement substantiel qu'a exigé ce système. Ces spécifications ont été envoyées à 14 firmes de logiciel sous forme d'une demande de propositions, en septembre 1986. Cinq firmes ont soumis des propositions, qui ont été évaluées en fonction des spécifications afin de déterminer quel système était le meilleur. Le système PC ARC/INFO de ESRI Canada Ltd. a été sélectionné, le moment de l'acqusition étant fixé à mars 1987.

Le choix de ce système s'est fondé sur les facteurs suivants:

- le système utilise des vecteurs pour décrire les surfaces linéaires; cette méthode a été considérée comme la meilleure, car elle évite des problèmes logiques associés à la superposition et conserve l'intégrité de ces surfaces;

- le système est celui qui convient le mieux à un environnement de travail réparti, car il permet un transfert facile des données entre l'ordinateur central et le micro-ordinateur; les données sont prêtes à être utilisées

immédiatement, et le transfert exige peu d'interventions des opérateurs;

- le système présente une grande compatibilité avec le système central, car les deux sont essentiellement identiques; le temps de formation, la complexité, les frais généraux et le soutien requis pourront ainsi être réduits;
- le système peut être acquis en modules, de sorte qu'il n'est nécessaire de se procurer que ceux dont on a besoin;
- le système peut être étendu à de plus gros ordinateurs, si le besoin s'en fait sentir;
- le fournisseur est une firme bien établie, ce qui offre une bonne assurance d'un soutien durable.

CONCLUSION

Les données géographiques sont un élément important du Relevé des insectes et des maladies des arbres. Grâce aux fonctions de collecte et d'analyse de ce genre de données qu'offrent les systèmes d'information géographique, le RIMA pourra fournir des informations plus nombreuses et de meilleure qualité sur la situation des ravageurs forestiers, à l'intention des gestionnaires. L'intégration du SIG au système d'information actuel FIDSINFOBASE permettra de relier les informations géographiques à de nombreuses autres données biologiques qui sont recueillies et analysées dans le cadre du RIMA.

L'utilisation de systèmes d'information géographique fonctionnant sur micro-ordinateur permettra d'offrir aux groupes régionaux du RIMA un outil efficace, peu coûteux et exploitable localement. Le partage des données sera possible, et le stockage et le traitement exigeant une grande capacité pourront être effectués par l'entremise de la liaison entre les micro-ordinateurs régionaux et le SIG central.

BIBLIOGRAPHIE

Power, J.M. 1986. FIDSINFOBASE - Système d'information sur le Relevé des insectes et des maladies des arbres. Serv. can. forêts, Inst. for. natl de Petawawa, Rapport d'information PI-X-65F.

Annexe 1. Spécifications du système
(traduite de la Demande de propositions)

A. CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

A/1 Environnement d'exploitation

A/1,1 Le logiciel de SIG requis doit fonctionner sur un ordinateur PC/AT d'IBM, sous le système d'exploitation IBM DOS 3,1 (et ses versions subséquentes).

A/2 Compatibilité

A/2,1 Le système proposé doit pouvoir échanger des données, sans modification à effectuer par l'utilisateur, avec la version DEC VAX 11/780 du système ARC/INFO de ESRI. Cette exigence inclut toutes les données des attributs et les fichiers associés à la carte qui sont gérés par la partie INFO du système.

A/2,2 Les responsables du Projet de développement technologique du RIMA se proposent de vérifier la compatibilité du système au moyen d'un test de compatibilité.

A/3 Fonctions

A/3,1 Le logiciel doit permettre la numérisation au moyen d'un curseur des points et des polygones, ou encore utiliser une table de numérisation, et conserver la topologie du polygone.

A/3,2 La numérisation doit s'accompagner d'un affichage sur écran, en temps réel, des données numérisées.

A/3,3 Le logiciel doit permettre l'introduction d'attributs aussi bien en cours de numérisation qu'à un autre moment.

A/3,4 Le SIG doit être en mesure de faire des tracés de nos données géographiques.

A/3,5 Le logiciel doit être convivial et prêt à être utilisé, sans développement ultérieur du système.

A/3,6 Le logiciel doit présenter globalement un bon rapport coût/efficacité.

A/4 Documentation

Un (1) exemplaire de tous les manuels et documents pertinents doit être fourni avec chaque exemplaire du logiciel acheté.

B. CARACTÉRISTIQUES SOUHAITABLES

B/1 Il est souhaitable que la syntaxe de la ligne de commande soit semblable à celle du système ARC/INFO de ESRI.

B/2 Le SIG devrait être capable de piloter les numériseurs et traceurs Calcomp, et peut-être aussi les traceurs Hewlett-Packard.

B/3 Le logiciel ne devrait pas exiger de matériel autre que la configuration de base d'un micro-ordinateur de 640K, doté d'un disque rigide de 20 méga-octets, d'un écran, d'un numériseur, et d'un traceur, exception faite d'éléments de matériel mineurs comme une souris.

B/4 Le SIG devrait accepter soit un écran graphique couleur compatible IBM ou un écran graphique couleur de qualité supérieure.

B/5 Le logiciel devrait être capable de calculer automatiquement les superficies et les longueurs de polygones ou d'éléments linéaires.

B/6 Le SIG devrait permettre l'édition et l'épuration des données topologiques; il devrait par exemple repérer les polygones incomplets, les lignes qui débordent et les traits déviés, et permettre la fermeture des polygones et l'élimination des bouts de

lignes et traits indésirables, par l'indication d'une limite de tolérance, ou par une intervention manuelle optionnelle.

B/7 Le logiciel devrait facilement raccorder les cartes introduites dans le système, de façon à en maintenir l'intégrité topologique et géographique.

B/8 Le SIG devrait être en mesure de traiter un ensemble de cartes résidant dans le système qui se raccordent logiquement pour former une carte unique, à des fins d'analyse et de traçage.

B/9 Le logiciel devrait pouvoir saisir des couches de données géographiques et retenir le lien topologique et géographique qui les unit.

B/10 Le SIG devrait assurer la gestion efficace des données géographiques, par l'entremise d'un gestionnaire de données.

B/11 Le logiciel devrait pouvoir fonctionner avec le système VAX ARC/INFO selon une véritable configuration de travail réparti; il devrait, par exemple, pouvoir extraire des données du système VAX, lancer et commander des opérations dans le système VAX et transmettre directement les données du système à la base de données ARC/INFO.

B/12 Le SIG devrait fonctionner à titre de station de travail à distance avec le système VAX ARC/INFO.

B/13 Le logiciel devrait suivre de près la syntaxe des commandes et la structure modulaire du système ARC/INFO pour la saisie des données, l'épuration, les opérations de la base de données et la présentation de données en sortie.

B/14 Le SIG devrait pouvoir effectuer la superposition de données géographiques au moment du traçage.

B/15 Le logiciel devrait pouvoir réaliser des superpositions topologiques au moins pour des cellules de quadrillages.

B/16 Le SIG devrait pouvoir convertir les polygones en quadrillages et vice-versa, et garder ces conversions dans la base de données.

B/17 Le logiciel devrait offrir différentes fonctions de traçage des données géographiques, par exemple permettre à l'utilisateur de choisir la grosseur, la couleur et le type des lignes, la teinte des polygones, et les symboles indentifiant les points; il devrait aussi offrir au moins quatre couleurs, une gamme de jeux de caractères, le positionnement automatique et manuel du texte, la capacité de créer et de placer des titres et des légendes, et la possibilité de tracer des cartes à diverses échelles. Ces fonctions pourraient être utilisées en fonction des attributs des données. (Le traçage des données devrait s'accompagner d'un affichage en temps réel sur écran.)

B/18 Le SIG devrait être en mesure de reclassifier, de fusionner et de supprimer des polygones, selon des critères fournis par l'utilisateur.

B/19 Le logiciel devrait pouvoir éliminer des points et des polygones, selon des niveaux de tolérance fournis par l'utilisateur, afin d'éviter un encombrement lors de la production de cartes à une échelle différente.

B/20 Le SIG devrait fonctionner selon divers systèmes de projection cartographique comme Lambert ou la projection transversale universelle de Mercator (UTM), et permettre les conversions entre ces systèmes.

B/21 Le logiciel devrait être capable de produire des quadrillages, des lignes et des points à partir de coordonnées.

B/22 Le SIG devrait produire des rapports de base fournissant des données sur les superficies et les longueurs de segments ainsi que des listes des attributs relatifs à des couches cartographiques, selon les exigences de l'utilisateur.

B/23 Un système de fenêtres serait utile.

B/24 Le logiciel devrait pouvoir contrôler des processus par l'entremise d'un écran et/ou d'un menu apparaissant sur le numériseur (table).

B/25 Le code source documenté devrait être fourni avec le logiciel.

B/26 Le logiciel devrait être convivial, de façon qu'il ne soit pas nécessaire de recourir à l'aide d'un analyste-systèmes dans les activités quotidiennes.

B/27 Le fournisseur doit offrir un programme de mise à jour régulière du logiciel, avec corrections et améliorations.

B/28 Deux niveaux de documentation devraient être prévus: l'un pour les usagers du logiciel, l'autre pour les analystes-systèmes.

B/29 Le fournisseur devrait offrir la possibilité d'assurer une formation à l'intention des gestionnaires et des usagers du logiciel.

B/30 Le fournisseur doit démontrer qu'il dispose d'une base d'utilisateurs actuelle et potentielle satisfaisante pour son logiciel de SIG sur micro-ordinateur.

B/31 Le fournisseur doit démontrer une stabilité financière satisfaisante, de manière à ce qu'on puisse compter sur un soutien à l'utilisateur et sur des améliorations du système dans l'avenir.

B/32 Le SIG doit pouvoir être acquis immédiatement, sans que des développements additionnels soient nécessaires pour qu'il puisse atteindre la prétendue conformité aux présentes spécifications.